

ГАУКОДО КОДЮЦЭКТ
МАОУ гимназия №32 г. Калининграда

Номинация: Зоология и экология беспозвоночных животных

Коловратки как индикаторы экологического состояния почв (на примере Калининградской области)

Автор:

Байдук Мария Михайловна, 10 «А»
МАОУ гимназия №32 г. Калининграда

Руководители:

Гуцол Светлана Михайловна, методист,
педагог дополнительного образования
ГАУКОДО КОДЮЦЭКТ
Амвросьева Лариса Валериановна,
учитель географии МАОУ гимназии
№32 г. Калининграда

Консультант:

Станченко Лариса Юрьевна, к.г.н.,
доцент образовательно-научного
кластера «Институт управления и
территориального развития» БФУ им.
И. Канта

Калининград, 2025

Содержание

Введение	3
1.Литературный обзор	4
2.Материалы и методика	8
3.Результаты	
3.1.Характеристика некоторых параметров почв в местах отбора проб.....	12
3.2.Видовой состав, встречаемость бделлоидных коловраток исследуемых территорий.....	13
3.3.Характеристики сообществ коловраток с использованием экологических индексов	14
3.4 Анализ зависимости между абиотическими факторами почвы и числом видов бделлоидных коловраток.....	17
4.Выводы	19
5.Заключение.....	19
Список литературных источников	20
Приложение	21

Введение

Почвенный покров Земли представляет собой важнейший компонент биосферы нашей планеты. Для большого количества видов беспозвоночных животных почва является средой обитания. Можно сказать, что около 90% биомассы животных, населяющих сушу, составляют обитатели почвенного яруса. Важно подчеркнуть, что почва является основной средой обитания наземных организмов и входит в экосистемы как неотъемлемый их компонент, к тому же почвенный покров выполняет функцию нейтрализатора, разрушителя и биологического поглотителя разных загрязнений [10]. Лучше всего это проявляется в городах, где почва подвергается различным антропогенным воздействиям. В связи с чем, изучение территорий городов в рамках системы наблюдений необходимо для оперативного выявления, оценки и прогнозирования изменений в качестве почвенного покрова из-за человеческого воздействия, а также для разработки рекомендаций по предотвращению и устранению негативных последствий [4]. В целом, загрязненная почва имеет серьезные последствия для окружающей среды, человеческого здоровья и экономики, так как загрязнение почвы токсичными веществами, такими как тяжелые металлы, химические соединения или органические загрязнители, может снизить плодородие почвы и затруднить ее использование для сельского хозяйства или животноводства. Еще загрязнение почвы вредными веществами может негативно повлиять на местные экосистемы, вызывая отмирание микроорганизмов, нарушение баланса в почвенных сообществах и исчезновение некоторых видов растений и животных. Такая почва может стать источником опасных веществ, которые могут попасть в продукты питания через растения, а впоследствии и к человеку, что увеличивает риск отравлений и заболеваний. Еще она может нанести вред живым организмам через воду за счет миграции вредных веществ из загрязненной почвы в прилегающие водоемы и подземные воды, заражая их и создавая проблемы с питьевой водой и жизнью в водных экосистемах [5]. Поэтому предотвращение и управление загрязнением почвы играют важную роль в обеспечении устойчивого развития и охраны окружающей среды. Необходимо проводить мониторинг состояния почвы, и на его основе предпринимать меры по ее очистке.

Один из способов мониторинга – это использование тест объектов. Тест объектами являются организмы, которые как «датчики» реагируют на токсичности (ядовитости, вредности) среды, в которой они обитают. Ухудшение качества состава почвы влияет на жизнь организмов, которые в ней обитают. По их изменившемуся поведению, появлению мутаций, сокращению численности можно сказать, что с почвой, где они живут не все в порядке. Такими тест объектами являются коловратки, так как они: способны аккумулировать загрязняющие вещества и выживают даже при встрече с высокими концентрациями этих веществ в природе; существует множество видов коловраток, доступных в природе; имеют

удовлетворительные размеры; могут быть точно определены до уровня вида; образ жизни многих видов тщательно изучен; имеют короткий жизненный цикл развития [8].

Работа впервые систематически исследует роль бделлоидных коловраток как биоиндикаторов почвенной экосистемы в Калининградской области. Полученные данные позволяют сделать вывод о высокой чувствительности этих организмов к изменениям в окружающей среде, что делает их перспективными объектами для мониторинга экологического состояния почв.

Цель исследования: определить экологическое состояние почв отдельных территорий Калининградской области с использованием бделлоидных коловраток как биоиндикаторов.

Задачи:

1. Дать характеристику некоторых параметров почв в местах отбора проб.

2. Выявить видовой состав и встречаемость бделлоидных коловраток в отобранных пробах.

3. Определить количественные и качественные характеристики сообществ коловраток с использованием экологических индексов и установить взаимосвязь между структурой сообщества бделлоидных коловраток и экологическим состоянием почв.

4. Провести анализ зависимости между абиотическими факторами почвы и числом видов бделлоидных коловраток.

Предмет исследования: многообразие почвенных коловраток, обитающих в различных биотопах Калининградской области, количественные и качественные характеристики сообществ коловраток, влияние абиотических факторов среды на видовое разнообразие коловраток.

Объект исследования: сообщество бделлоидных коловраток (*Rotifera: Bdelloidea*) в почвах различных биотопов Калининградской области.

Гипотеза исследования: предполагаем, что в местах с минимальным антропогенным влиянием будет наблюдаться высокое видовое разнообразие и равномерное распределение особей, тогда как в загрязнённых зонах – преобладание одного или нескольких устойчивых к стрессу видов и снижение общего биоразнообразия.

Благодарим за помощь в сборе и обработке материала, оформлении исследовательской работы: методиста КОДЮЦЭКТ Гуцол С.М., учителя географии МАОУ СОШ №6 с УИОП Амвросьеву Л.В.; доцента образовательно-научного кластера «Институт управления и территориального развития» БФУ им. И. Канта, к.г.н., Станченко Л.Ю.

1. Литературный обзор

1.1. Почва как среда обитания и роль беспозвоночных животных в биоиндикации

Почва представляет собой переходную и сложную трёхфазную систему, объединяющую твердую, жидкую и газообразную фазы, что создаёт

разнообразные экологические микросреды для обитания множества организмов. Её структура характеризуется наличием воздушных полостей, капиллярных и гравитационных водных зон, а также твёрдых минеральных и органических компонентов, варьирующихся от рыхлых до плотных агрегатов. Такая неоднородность формирует разнообразные условия для микро-, мезо- и макрофауны, что определяет широкий спектр адаптаций в зависимости от размера, способа дыхания и питания организмов [11].

Нанофауна, представленная преимущественно одноклеточными организмами, обитает в капиллярных водных пленках и мелких полостях почвы, где удерживается силой поверхностного натяжения. Она близка по образу жизни к гидробионтам и способна длительно сохраняться в виде цист, что обеспечивает устойчивость к экстремальным условиям — засухе и промерзанию. Жизнедеятельность нанофауны тесно связана с химическим составом почвенного раствора и пористостью почвы, что делает её особенно чувствительной к изменениям среды [10].

Мезофауна, включающая мелких почвенных членистоногих (микроартропод), занимает воздушные полости, трещины и ходы корней, передвигаясь по твердым субстратам и обладая способностью выживать в изолированных воздушных пузырьках при затоплениях почвы. Их жизнь сопоставима с обитанием в сырых подземных пещерах, что подчёркивает уникальные адаптации к почвенной среде [1].

Макрофауна включает более крупных животных, взаимодействующих с почвенной структурой и влияющих на процессы разложения органических остатков и формирование гумуса, оказывая значительное воздействие на плодородие и биологическую активность почвы [3].

Почвенные беспозвоночные являются важными индикаторами экологического состояния почвы и её антропогенного загрязнения. Биологический мониторинг, рекомендованный международными системами, использует их чувствительность к изменениям среды, так как ключевые этапы жизненного цикла (яйцо, личинка, куколка) протекают непосредственно в почве. Это позволяет выявлять отклонения в функционировании экосистем на ранних стадиях воздействия техногенных факторов [13]. Изменения в видовом составе и численности почвенных сообществ отражают влияние загрязнений, что обусловлено специфичностью почвенного комплекса и климатической зоны. Для биоиндикации химического загрязнения используются виды-биоиндикаторы, характерные для конкретных почвенно-климатических условий, что повышает точность оценки [3].

Особое значение в качестве индикаторов имеют коловратки — микроорганизмы, обладающие рядом преимуществ: широким распространением, способностью аккумулировать загрязняющие вещества, простотой культивирования и высокой чувствительностью к тяжёлым металлам, пестицидам и другим токсикантам. Несмотря на недостаточное

изучение их репродуктивных особенностей, коловратки имеют значительный потенциал для мониторинга состояния водных и почвенных экосистем [8].

Таким образом, почва как сложная экосистема служит средой обитания для разнообразной почвенной фауны и микрофлоры, играющих ключевую роль в биогеохимических процессах и функционировании экосистем. Почвенные беспозвоночные, благодаря своей чувствительности и распространённости, представляют собой эффективные биоиндикаторы состояния почвы и степени её антропогенного воздействия, что имеет важное значение для экотоксикологии и охраны окружающей среды.

1.2. Коловратки (Rotatoria): морфология, экология и значение в почвенных экосистемах

Коловратки, или Rotatoria, представляют собой самых мелких многоклеточных животных, размеры которых варьируют от 0,01 до 2,5 мм (см. рисунок 16). Их название происходит от основного опознавательного признака – наличия коловращательного аппарата, который состоит из круговых рядов ресничек на передней части тела. [3].

1.2.1 Морфологическая организация

Тело коловраток чётко разделено на три отдела: голову, туловище и ногу. На ноге располагается цементная железа, выделяющая клейкое вещество, с помощью которого животное временно прикрепляется к субстрату. Голова отделена шейной складкой, не всегда чётко выраженной, и несёт коловращательный аппарат (Рис. 1). Его структура варьирует: он может состоять из одного или двух ресничных дисков. Согласованное движение ресничек создаёт водный ток, направляющий пищевые частицы к ротовому отверстию, а также используется для передвижения [2].

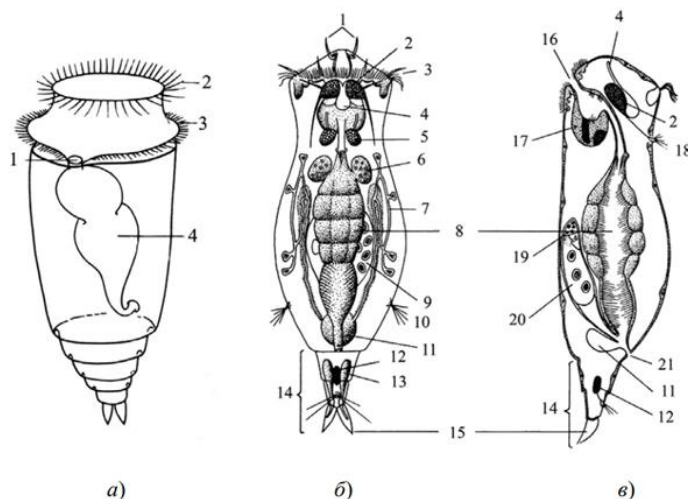


Рис. 1 – Организация коловраток: а – схематический план строения [2]: 1 – рот; 2 – трохус; 3 – цингулюм; 4 – кишка; б, в – анатомические особенности [21]: 1 – щупальца; 2 – мозг; 3 – коловращательный аппарат; 4 – ретроцеребральный орган; 5 – слюнные железы; 6 – желудочные железы; 7 – протонефридий; 8 – желудок; 9 – яичник; 10 – боковое щупальце; 11 – мочевого пузыря; 12 – ганглий ноги; 13 – цементные железы; 14 – нога; 15 – пальцы ног; 16 – рот; 17 – мастакс; 18 – спинное щупальце; 19 – яичник (отрезок подготовки); 20 – яичник (отрезок желточников); 21 – клоака

Мышечный слой кожно-мускульного мешка разделён на пучки продольных мышц, включая специализированные пучки, обеспечивающие втягивание головы и сокращение тела. Пищеварительная система включает рот, глотку, пищевод, желудок, кишечник, клоаку и анус (Рис. 1). В глотке расположен жевательный аппарат – мастакс, состоящий из хитиновых пластинок, перетирающих пищу. Переваривание происходит быстро: от захвата до дефекации проходит от 2 до 20 минут.

Нервная система ортогонального типа, включает надглоточный ганглий и отходящие от него нервы. (Рис. 1) Органы чувств представлены щупальцами (до трёх) и одним-двумя глазами на голове. Выделительная система — протонефридиального типа. Кровеносная и дыхательная системы отсутствуют. Газообмен осуществляется через покровы тела. Полость тела первичная, как у круглых червей [9].

Коловратки раздельнополы, с выраженным половым диморфизмом. Жизненный цикл включает партеногенез и половое размножение. Весной из покоящихся яиц выходят партеногенетические самки, которые дают несколько поколений. При ухудшении условий формируются самцы без пищеварительной системы. После оплодотворения самки откладывают яйца с плотной оболочкой, которые выдерживают неблагоприятные условия. В благоприятной среде из них вновь выходят партеногенетические самки. Число жизненных циклов варьирует в зависимости от вида [9].

1.2.2 Почвенные коловратки и их экологическое значение

Лишь немногие виды коловраток приспособились к жизни на суше. Они обитают в лесной подстилке и мхах, реже – в верхних органических горизонтах почвы, почти не проникая в минеральные слои. Их ареал охватывает от Арктики до Антарктики. Климата они практически не боятся, и могут существовать как при низких, так и при высоких температурах. Несмотря на это, видовое разнообразие почвенных форм относительно невелико. Почвенные коловратки питаются органическим веществом, бактериями и одноклеточными водорослями. Среди них встречаются как хищники, питающиеся другими мелкими беспозвоночными, так и всеядные и специализированные формы – монофаги. В почве существуют свободноплавающие формы, обитающие в водных капиллярах, и прикреплённые формы, ведущие малоподвижный образ жизни [9].

В почвах умеренного климата численность коловраток невелика, и их вклад в почвообразование и плодородие незначителен. Однако в мерзлотных почвах севера, где фауна бедна, их роль возрастает. Благодаря способности выживать и активно размножаться при низких температурах, коловратки участвуют в формировании плёночных почв, где они являются одними из немногих активно действующих животных организмов [9].

1.2.3 Описание Бделлоидных коловраток (Bdelloidea)

Бделлоидные коловратки (Bdelloidea) – микроскопические многоклеточные организмы, обитающие в почве, мхах, лишайниках и других наземных и полуводных экосистемах. Их размеры составляют 150–300 мкм, у

некоторых видов — до 500–700 мкм [6]. Тело бделлоидов билатерально-симметричное, состоит из 15–18 ложных сегментов, разделённых на голову, шею, туловище и ногу. Передние и задние сегменты могут телескопически втягиваться внутрь туловища. Передвигаются плаванием и ползанием (шагание, скольжение), используя мышечную систему и ресничные ленты, адаптированные к почвенной среде. Ложная сегментация способствует пиявкообразным движениям, что отразилось в названии («bdella») [7].

Характерны структуры: корона (выполняет трофическую и локомоторную функции) и мастакс — глотка с трофи, играющая ключевую роль в питании. У бделлоид только рамастный тип мастакса, ориентированный на микроядовитое питание. Питаются микроводорослями, бактериями, дрожжами и микродетритом (до 15 мкм). Покровы плотные, но гибкие. У некоторых видов есть кутикулярные образования (гранулы, шипы), выполняющие защитную функцию. Глаза обычно отсутствуют, но имеются чувствительные реснички на хоботке [6].

Все виды выделяют слизь, способствующую прикреплению к субстрату и защите при высыхании. Некоторые (например, *Nabrotrocha*) формируют защитные цисты. В условиях высыхания сворачиваются в шар и переходят в анабиоз, выдерживая экстремальные температуры (от +200°C до -273°C) и восстанавливаясь после увлажнения [7].

Различаются по чувствительности к влажности и загрязнению. Виды, способные к анабиозу и обитающие в мхах и лишайниках, относятся к ксерофильной группе. Влажные биотопы населяются менее многочисленными видами. Бделлоиды — экологические индикаторы: большинство — оксифилы, относящиеся к ксеносапробам и олигосапробам; виды, обитающие в лишайниках, — маркеры чистой среды; полисапробы устойчивы к загрязнению [6].

2. Материалы и методика

Исследование проводилось с июля по ноябрь 2025 г. на пяти локациях (Рис. 2) по Калининградской области (Табл. 1). Описание исследуемых территорий в Приложении 1.

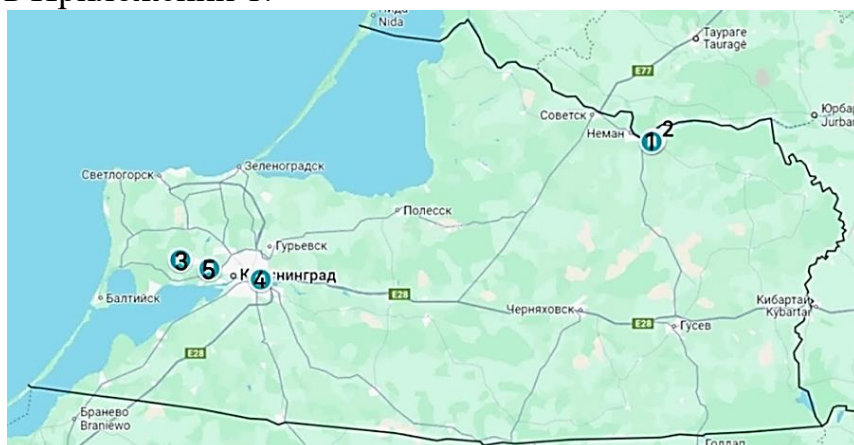


Рис.2 Расположение локаций отбора проб

Дата и место отбора проб

Номер локаций отбора	Номер точки отбора	Дата отбора	Координаты	Место отбора
1	1	02.07.2025	55.024152,22.115638	Большое село, Неманский р-н
	2		55.023757, 22.116006	
	3		55.023695,22.116025	
2	4	02.07.2025	55.025390,22.122764	Большое село, Неманский р-н
	5		55.025855,22.122685	
3	6	07.07.2025	54.753575,20.240698	П. Логвино, Зеленоградский р-н
	7		54.753698,20.240626	
4	8	11.10.2025	54.707873, 20.560826	Московский проспект, г. Калининград
	9		54.707873, 20.560826	
	10		54.704787, 20.585895	
5	11	01.11.2025	54.723301, 20.363123	Микрорайон Александра Космодемьянского, г. Калининград
	12		54.733419, 20.355626	
	13		54.715580, 20.408241	

Всего было отобрано 13 проб почв, 7 из которых отбирались в наиболее чистых местах от антропогенного загрязнения: Большое село, п. Логвино. 6 проб было отобрано в местах, где в почве содержалось большое количество тяжелых металлов – это Московский проспект и микрорайон Александра Космодемьянского, г. Калининград.

Исследование взятых проб проводилось в лаборатории Калининградского областного детско-юношеского центра экологии, краеведения и туризма с помощью микроскопов: OLYMPUS CH30 и Цифровой Микроскоп серии SDM.

При отборе проб применялись следующие методы исследования: визуальное наблюдение: анализ растительности и почвенного покрова; сбор проб почвы: для извлечения коловраток.

Оборудование: PH-метр PH300, дозиметр «ЭКОЛОГ мини» (Рис. 3)



Рис. 3 Использование приборов при отборе проб

2.2 Методы извлечения коловраток из почвы

Почвенные и подстилочные сообщества коловраток представляют собой важную часть фауны наземных почв. Для того чтобы их изучить, их необходимо отделить от почвы. При этом животные должны оставаться

полностью жизнеспособными для учета и определения вида. На сегодняшний день не разработан подходящий метод, позволяющий проводить количественный анализ популяций коловраток [12].

Сбор субстрата (Табл. 2), на котором обитают коловратки, проводили вручную, фиксируя каждую пробу в отдельный пакет, и указывая на этикетке дату и биотоп, производили фотосъемку. В качестве пробы отбирали мох с подстилкой на глубине до 1 см с помощью шпателя. От каждой пробы было взято по 1,1 г для подсчета коловраток.

Таблица 2

Отбираемый субстрат

Точки исследования	Название мха
T1	Плагиомниум близкий (<i>Plagiomnium affine</i>)
T2	Плагиомниум волнистый (<i>Plagiomnium undulatum</i>)
T3	Плагиомниум близкий (<i>Plagiomnium affine</i>)
T4	Кукушкин лен обыкновенный (<i>Polytrichum commune</i>)
T5	Брахитециум рутовый (<i>Brachitheceum lutabulum</i>)
T6	Брахитециум рутовый (<i>Brachitheceum lutabulum</i>)
T7	Плагиомниум волнистый (<i>Plagiomnium undulatum</i>)
T8	Брахитециум рутовый (<i>Brachitheceum lutabulum</i>)
T9	Брахитециум рутовый (<i>Brachitheceum lutabulum</i>)
T10	Брахитециум рутовый (<i>Brachitheceum lutabulum</i>)
T11	Плагиомниум близкий (<i>Plagiomnium affine</i>)
T12	Кукушкин лен можжевельный (<i>Polytrichum juniperinum</i>)
T13	Плагиомниум близкий (<i>Plagiomnium affine</i>)

До сих пор не существует общепринятой методики количественного учета коловраток. Была применена методика исследования коловраток, обитающих в почве и мхах, которая включает в себя следующие шаги: увлажненный мох (площадью 1 см²) помещается в колбу объемом 70 см³, затем добавляется дистиллированная вода (20 мл) и все это энергично встряхивается в течение 15 секунд. Затем содержимое пузырька выливается в чашку Петри, которая имеет на дне деления на отдельные клетки, и проводится подсчет коловраток под микроскопом. Этот процесс нужно повторить несколько раз с одним и тем же образцом мха, при этом каждый раз используется новая чашка Петри. В данной работе эта процедура повторялась три раза. После этого, обнаруженные коловратки переносятся с помощью пипетки в каплю воды на предметное стекло [12]. Время, необходимое для подсчета коловраток в одной пробе по данной методике составляло около трех – четырех часов.

Чтобы идентифицировать вид коловраток, необходимо учитывать целый ряд характеристик: форму и размер короны, особенности строения верхней губы, шпоры, пальцев и других структур. Однако эти признаки можно рассмотреть только у живой особи, когда она находится в расправленном состоянии, что чаще всего происходит во время питания. Основная сложность заключается в том, что живые коловратки отличаются высокой подвижностью, что значительно затрудняет их изучение. Применение стандартных фиксирующих веществ для бделлоидных

коловраток неэффективно, так как любое химическое воздействие вызывает их сворачивание в плотный комок.

Дальнейшая идентификация коловраток происходила при помощи определителя «Бделлоидные коловратки фауны России» [7].

2.3. Индексы для оценки сообщества коловраток

При подсчете основных параметров использовались следующие формулы и индексы:

Индекс видового богатства Маргалефа, показывающий число видов, которое в сравнительных целях иногда выражается как отношение числа видов к площади или числа видов к числу особей.

$$d = \frac{(s-1)}{\ln N}, \text{ где } d \text{ – индекс видового богатства Маргалефа;}$$

s – число видов;

N – число особей [14].

Показатели индекса видового богатства Маргалефа:

- От 0 до 1 – маленький показатель;
- От 1 до 2 – средний показатель;
- От 2 и более – высокий показатель.

Виды, входящие в состав биоценоза, очень сильно различаются по своей значимости. Традиционно принято выделение следующей иерархии видов: «доминантные»; за ними следуют «субдоминантные»; остальные же виды считаются второстепенными, среди которых отмечают случайные или редкие. Индекс доминирования Паляя – Ковнацки [14] позволяет выделить виды-доминанты:

$$D_i = \frac{100p_i N_i}{N_s}, \text{ где } D_i \text{ – индекс доминирования Паляя-Ковнацки;}$$

p_i – встречаемость;

N_i – число особей i -го вида;

N_s – общее число особей в биоценозе.

Для характеристики видового комплекса выделяют доминанты в пределах $10 < D_i < 100$, субдоминанты – в пределах $1 < D_i < 10$, субдоминанты первого порядка – в пределах $0.1 < D_i < 1$ и второстепенные члены – $0.01 < D_i < 0.1$

Встречаемость p_i – процентное содержание проб, в которых был найден вид i :

$$p_i = \frac{m_i}{M_i}, \text{ где } p_i \text{ – встречаемость;}$$

m_i – число проб, в которых был найден вид i ;

M_i – общее число проб

Индекс разнообразия К. Шеннона используется для оценки степени структурированности биоценозов [11]:

$$H = \frac{-\sum \left(\frac{N_i}{N}\right)}{\log \left(\frac{N_i}{N}\right)}, \text{ где } H \text{ – индекс разнообразия К.Шеннона;}$$

N – общая численность отмеченных особей.

N_i – общая численность вида или внутривидовой разновидности

С помощью этого индекса можно дать характеристику качества почвы, при значении:

- 0 – почва считается очень грязной;
- 0-1 – грязной;
- 1-2 – загрязненной;
- > 2 – чистой.

3. Результаты

3.1 Характеристика некоторых параметров почв в местах отбора проб.

Отбор проб Т1-7 происходили в июле, где температура почв составила в среднем 17 °С. Температура почв при отборе проб Т8-13 была ниже - 11-13 °С, так как они отбирались в октябре-ноябре. Кислотность почвы во всех местах оказалась нейтральной, а вот радиация почвы варьировалась от 0.06 до 21.0 мЗВ/ч, причем радиация оказалась минимальной в наиболее чистых местах, а это леса в Неманском и Зеленоградском районе. По городу Калининград показатель радиации показал значения намного выше, чем в лесах. Освещенность в дни исследований была довольно низкая, преобладала в основном сухая почва: Т4, Т5, Т9, Т11, Т12, Т13. (Табл. 3, Рис. 4, 5)

Таблица 3

Параметры почв в местах отбора проб

Точка отбора пробы	Освещенность	Влажность	Температура °С	Радиация мЗВ/ч	Кислотность почвы
T1	LOW	NOR	15	0.06	7.2
T2	LOW+	WET	17	0.16	7.2
T3	NOR	NOR	17	0.10	7.4
T4	NOR	DRY+	17	0.11	7.3
T5	NOR	DRY+	17	0.16	7.4
T6	HGH-	NOR	18	0.13	7.1
T7	NOR-	NOR	17	0.08	7.1
T8	LOW+	WET+	13	16.7	7.0
T9	LOW+	DRY+	13	12.13	7.0
T10	NOR-	WET	13	12.0	7.1
T11	LOW+	DRY+	11	13.0	7.0
T12	LOW+	DRY+	11	15.0	7.1
T13	LOW+	DRY	11	21.0	7.1

==>В порядке увеличения освещенности								
LO W-	LOW	LOW+	NOR-	NOR	NOR+	HGH-	HGH	HGH+
очень	низкая	довольно	низкая	нормальная	довольно	высокая	очень	высокая

Рис. 4 Интерпретация значений интенсивности солнечного света

Увеличение влажности==>				
DRY+	DRY	NOR	WET	WET+
очень сухая	сухая	нормальная	влажная	очень влажная

Рис. 5 Интерпретация значений влажности почвы

3.2 Видовой состав, встречаемость бделлоидных коловраток исследуемых территорий

Результаты обработки данных по коловраткам представлены ниже (Таблица 4). Всего было обнаружено 233 коловраток, а идентифицировано до вида 211, так как некоторые коловратки при переносе на предметное стекло были потеряны, а некоторые были очень подвижны, и прятались в частички субстрата, от которого их было сложно отделить, что приводило к невозможности их определения (Приложение 2).

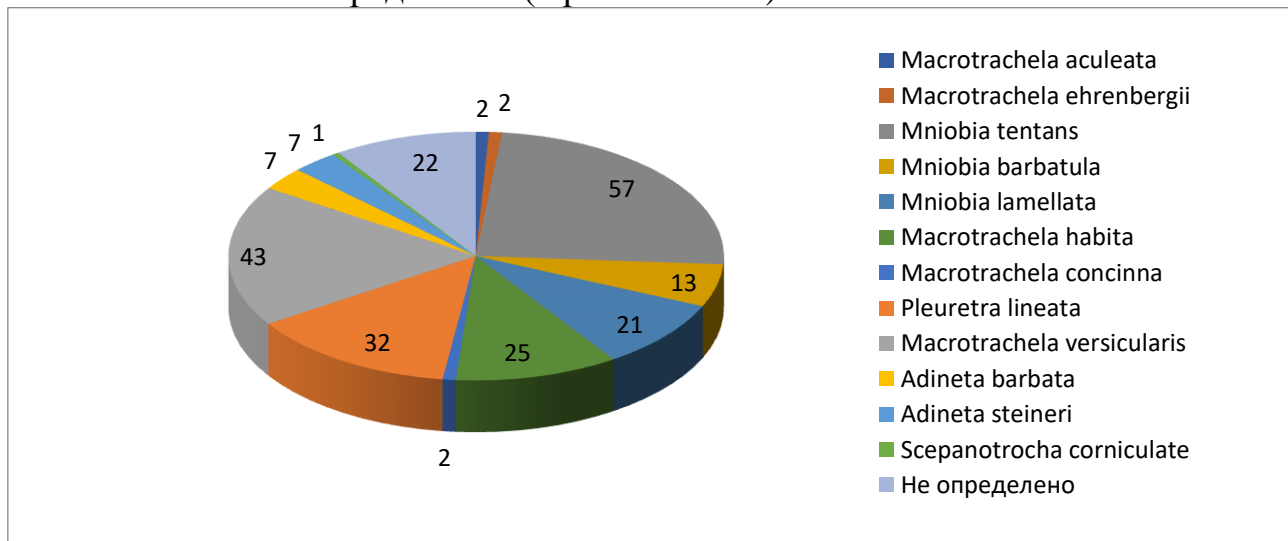


Рис.6 Соотношение количества видов обнаруженных коловраток

В результате исследования среди бделлоидных коловраток было выявлено 12 видов, относящихся к пяти родам и трем семействам (Табл. 4). Подавляющее большинство видов принадлежало семейству *Philodinidae*. По количеству видов преобладали представители рода *Macrotrachela*, а по количеству особей лидирует вид *Mniobia tentans* (Рис.6, Табл. 4, Приложение 2, 3)

Таблица 4

Таксономический состав бделлоидных коловраток в исследованных биотопах

Тип	Класс	Отряд	Семейство	Род	Вид
Rotifera Cuvier, 1798	Bdelloidea Markevich, 1990	Bdelloida Hudson, 1884	Philodinidae Bryce, 1910	Macrotrachela Mine, 1886	Macrotrachela aculeata Milne, 1886
					Macrotrachela ehrenbergii Janson, 1893
					Macrotrachela habita Bryce, 1894
					Macrotrachela concinna Bryce, 1912
					Macrotrachela versicularis Murray, 1906
				Mniobia Bryce, 1910	Mniobia tentans Donner, 1949
				Mniobia barbatula Donner, 1950	
				Mniobia lamellata Donner, 1950	
				Pleuretra Bryce, 1910	Pleuretra lineata Donner, 1962
			Adinetidae Bryce, 1910	Adineta Hudson, 1886	Adineta barbata Janson, 1893
					Adineta steineri Bartos, 1951
			Habrotrochida e Bryce, 1910	Scepanotrocha Bryce, 1910	Scepanotrocha corniculata Bryce, 1910

Встречаемость обнаруженных видов коловраток была разнообразна, при этом наибольшая встречаемость наблюдалась у *Mniobia tentans* и *Macrotrachela versicularis*, а наименьшая у *Macrotrachela aculeata* и *Scepanotrocha corniculata* (Рис. 7).

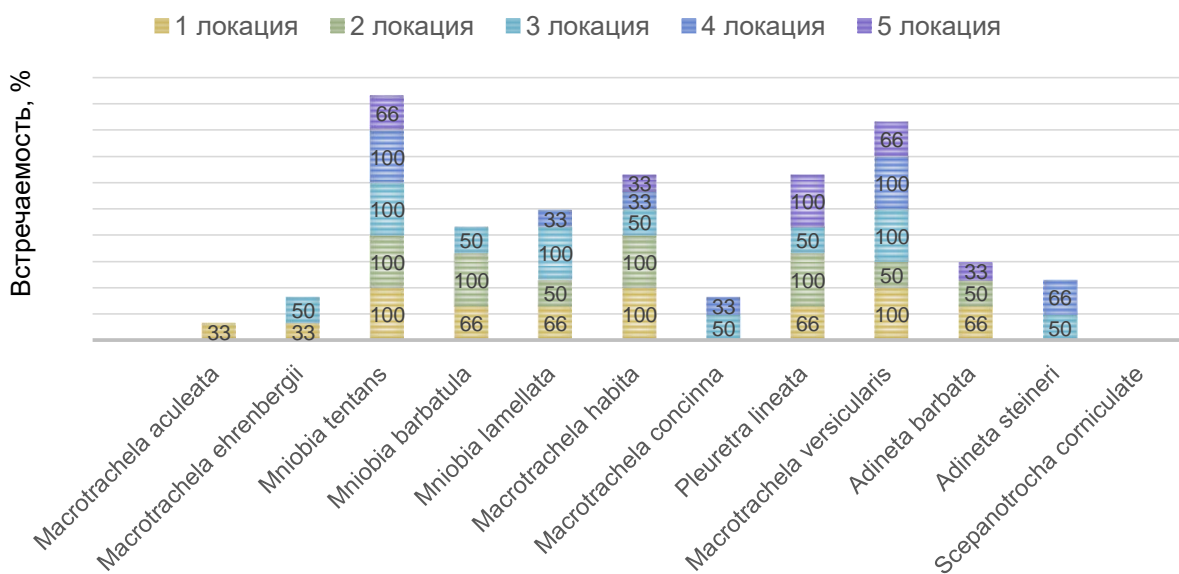


Рис.7 Показатель встречаемости коловраток в исследуемых местах

3.3 Характеристика сообществ коловраток с использованием экологических индексов

По значению индекса доминирования Паляя-Ковнацки (Табл. 5) можно сделать следующие выводы:

В первой локации;

- *Mniobia tentans* (25.81), *Macrotrachela habita* (16.13), *Macrotrachela versicularis* (29) являются доминантами;
- *Macrotrachela aculeata* (1.06), *Mniobia barbatula* (7.45), *Mniobia lamellata* (3.19), *Adineta barbata* (3.19), *Pleuretra lineata* (2.13) являются субдоминантами;
- *Macrotrachela ehrenbergii* (0.53) является субдоминантой первого порядка.

Три доминирующих вида и умеренное разнообразие субдоминант говорит о том, что сообщество устойчивое и среда относительно благополучная.

Во второй локации:

- *Mniobia tentans* (24.32), *Pleuretra lineata* (21.62), являются доминантами;
- *Macrotrachela habita* (8.11), *Mniobia barbatula* (8.10), *Macrotrachela versicularis* (6.76), *Mniobia lamellata* (8.10), *Adineta barbata* (4.05) являются субдоминантами.

Два выраженных доминанта и несколько субдоминант показывает немного сниженное разнообразие по сравнению с первым местом, которое может указывать на умеренный уровень антропогенного воздействия.

В третьей локации:

- *Mniobia tentans* (23.08), *Mniobia lamellata* (15.38), *Macrotrachela versicularis* (25.64) являются доминантами;
- *Macrotrachela ehrenbergii* (1.28), *Mniobia barbatula* (3.85), *Macrotrachela habita* (3.85), *Macrotrachela concinna* (1.28), *Pleuretra lineata* (5.13), *Adineta steineri* (2.56) являются субдоминантами.

В этом месте присутствует три доминанта, один из которых (*Macrotrachela versicularis*) сильно преобладает. Это говорит о том, что сообщество умеренно устойчивое, условия среды — стабильные.

Таблица 5

Значения индекса доминирования Паляя-Ковнацки для видов бделлоидных коловраток в исследуемых местах

Название вида	Индекс доминирования Паляя-Ковнацки (D _i)				
	1 локация	2 локация	3 локация	4 локация	5 локация
<i>Macrotrachela aculeata</i>	1.06	-	-	-	-
<i>Macrotrachela ehrenbergii</i>	0.53	-	1.28	-	-
<i>Mniobia tentans</i>	25.81	24.32	23.08	35.29	18.62
<i>Mniobia barbatula</i>	7.45	8.10	3.85	-	-
<i>Mniobia lamellata</i>	3.19	8.10	15.38	4.85	-
<i>Macrotrachela habita</i>	16.13	8.11	3.85	3.88	4.23
<i>Macrotrachela concinna</i>	-	-	1.28	0.97	-
<i>Pleuretra lineata</i>	2.13	21.62	5.13	-	46.15
<i>Macrotrachela versicularis</i>	29	6.76	25.64	20.58	5.08
<i>Adineta barbata</i>	3.19	4.05	-	-	0.85
<i>Adineta steineri</i>	-	-	2.56	9.71	-

В четвертой локации:

- *Mniobia tentans* (35.29), *Macrotrachela versicularis* (20.58), *Adineta steineri* (9.71) являются доминантами;
- *Mniobia lamellata* (4.85), *Macrotrachela habita* (3.88) являются субдоминантами;
- *Macrotrachela concinna* (0.97) является субдоминантой первого порядка.

Здесь один вид доминирует очень сильно (*Mniobia tentans*), что может говорить о стрессовых условиях или загрязнении.

В пятой локации:

- *Mniobia tentans* (18.62), *Pleuretra lineata* (46.15) являются доминантами;
- *Macrotrachela habita* (4.23), *Macrotrachela versicularis* (5.08) являются субдоминантами;
- *Adineta barbata* (0.85), *Scepanotrocha corniculate* (0.85) являются субдоминантой первого порядка.

Один вид (*Pleuretra lineata*) составляет почти половину сообщества, что является признаком сильного стресса или загрязнения почвы.

Таким образом, лучшим сообществом является локация №1, где присутствует три доминанта и достаточно субдоминант. Это говорит о стабильной и благополучной среде. Наихудшие сообщества – локация №4 и

№5, где один вид занимает более трети или даже половину всех особей. Это явный сигнал стрессовых условий или загрязнения почвы. Локация №2 и №3 характеризуются умеренным уровнем разнообразия и могут быть отнесены к чистым участкам.

Анализ индекса Шеннона (H) показал, что экосистемы локаций 1, 2 и особенно 3 имеют высокое разнообразие, что говорит о стабильных и благополучных условиях среды. Локация 4 характеризуется умеренным снижением разнообразия, что может быть связано с локальными антропогенными факторами. Локация 5 имеет самый низкий уровень разнообразия, что указывает на загрязнение (Рис. 8).

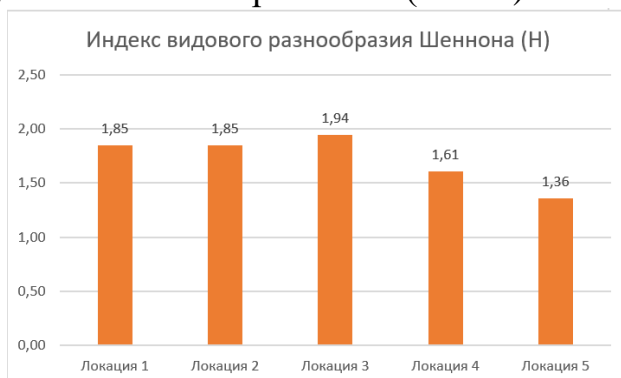


Рис.8 Показатели индекса видового разнообразия Шеннона в локациях

Индекс Маргалефа (d) позволил установить, что локация 1 и 3 имеют наиболее высокое видовое богатство, что свидетельствует о благоприятных условиях среды. Во 2 локации видовое богатство ниже, чем в первой, но всё ещё высокое. Это может быть связано с меньшей численностью особей, а не с неблагоприятными условиями среды. Локация 5 демонстрирует самое низкое значение d, что может говорить о загрязнении среды. Видовое разнообразие в локации 4 умеренное, оно находится на границе между «чистыми» и «загрязнёнными» участками (Рис. 9).

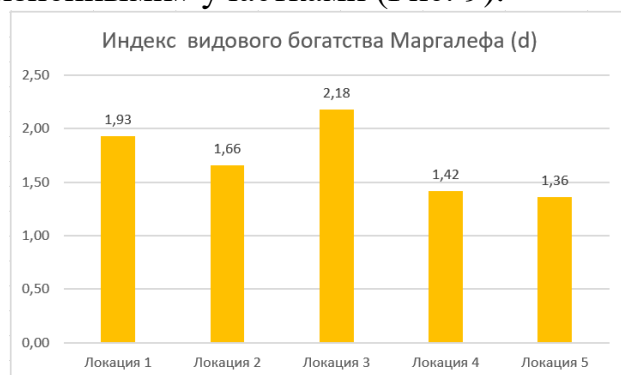


Рис.9 Показатели индекса видового богатства Маргалефа в локациях

Подтверждена гипотеза исследования: в местах с минимальным антропогенным влиянием будет наблюдаться высокое видовое разнообразие, тогда как в загрязнённых зонах – преобладание одного или нескольких устойчивых к стрессу видов и снижение общего биоразнообразия.

Количественные и качественные изменения в сообществах коловраток могут служить чувствительным индикатором состояния почвенной среды.

3.4 Анализ зависимости между абиотическими факторами почвы и числом видов бделлоидных коловраток

Был проведён сбор проб почвы в различных биотопах Калининградской области (лесные, луговые, пригородные участки), а именно в Неманском, Зеленоградском районе, на Московском проспекте и в микрорайоне Александра Космодемьянского, г. Калининград. Это позволило получить представление о разнообразии условий обитания почвенных организмов.

Анализ зависимости между уровнем освещённости и числом видов бделлоидных коловраток показал, что прямой корреляции между этими параметрами не наблюдается (Рис. 10).

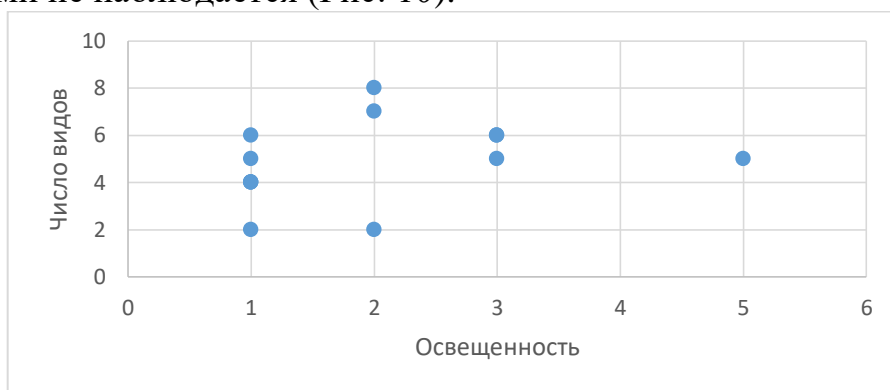


Рис. 10 График зависимости числа видов от освещенности

В лесных местообитаниях (пробы Т1–Т7), отобранные в июле 2025 года, наибольшее число видов (до 8) было зарегистрировано на участках с низкой освещённостью (LOW), тогда как при повышении уровня света количество видов снижалось или оставалось стабильным. В городских условиях (пробы Т8–Т13), собранных в октябре-ноябре 2025 года, уровень освещённости практически не различался (Табл. 3), однако число видов варьировало от 2 до 5, что указывает на влияние других факторов – таких как, загрязнение тяжёлыми металлами, радиационный фон, антропогенное воздействие и сезонные изменения.

Бделлоидные коловратки обитают преимущественно в почве и мхах, где уровень освещённости имеет второстепенное значение. Следовательно, они не зависят от интенсивности солнечного света.

Анализ данных влажности показал, что существует определённая зависимость между уровнем влажности почвы и количеством видов бделлоидных коловраток, однако она не является строго линейной (Рис. 11). В целом, наибольшее число видов наблюдается в почвах со средней (NOR) и умеренно повышенной (WET) влажностью, тогда как в условиях чрезмерной сухости (DRY+ и DRY) количество видов снижается (Табл. 3). В точках Т1 (NOR) и Т7 (NOR) — обе в лесу, июль — зарегистрировано 8 и 7 видов соответственно. В точке Т2 (WET) — также в лесу — зафиксировано 6 видов. В городских условиях (Т8–Т13), где преобладала низкая или пониженная влажность (DRY+, DRY), число видов составляло от 2 до 5, при этом минимальные значения (по 2 вида) были в точках Т3 (WET) и Т5 (DRY+).

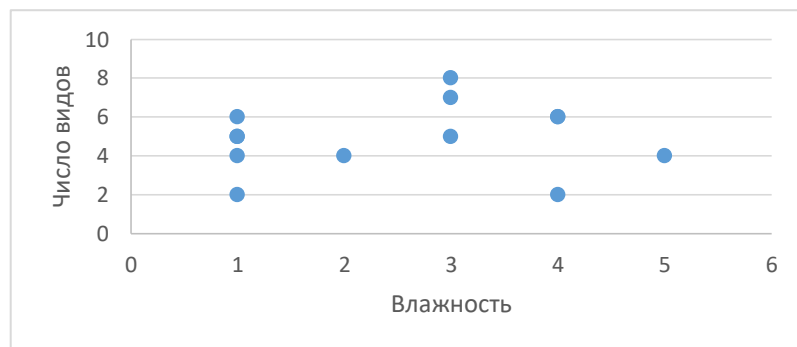


Рис. 11 График зависимости числа видов от влажности

Это позволяет предположить, что слишком высокая влажность может быть не менее неблагоприятным фактором, чем слишком низкая, особенно если она сочетается с другими стрессовыми условиями (например, загрязнением или низкой температурой).

При относительно однородном рН (при нейтральной реакции почвенного раствора) на всех точках отбора проб не выявлено чёткой зависимости между значением кислотности почвы и числом видов бделлоидных коловраток. В ходе исследования зафиксировано, что уровень рН варьировал в пределах от 7.0 до 7.4, то есть находился в узком диапазоне нейтральных значений. При этом число видов в разных точках существенно различалось: от максимальных 8 видов (точка Т1) до минимальных 2 видов (точки Т10 и Т12). Таким образом, нейтральная реакция почвенного раствора не является ограничивающим или стимулирующим фактором для видового разнообразия бделлоидных коловраток в условиях данного исследования, и её изменение в пределах нормы не оказывает выраженного влияния на структуру их сообществ.

На основе анализа данных по уровням радиации и числу видов коловраток была установлена сильная обратная корреляция ($r \approx -0.79$) (Рис. 12). Это означает, что с увеличением уровня радиационного фона число видов коловраток снижается. Особенно резко это выражено в городских пробах (Т8–Т13), где уровень радиации достигал значений от 12 до 21 мЗв/ч (Табл. 3), а число видов составляло всего от 2 до 4. Напротив, в лесных районах с минимальным антропогенным воздействием (уровень радиации 0.06–0.16 мЗв/ч) наблюдалось до 8 видов.

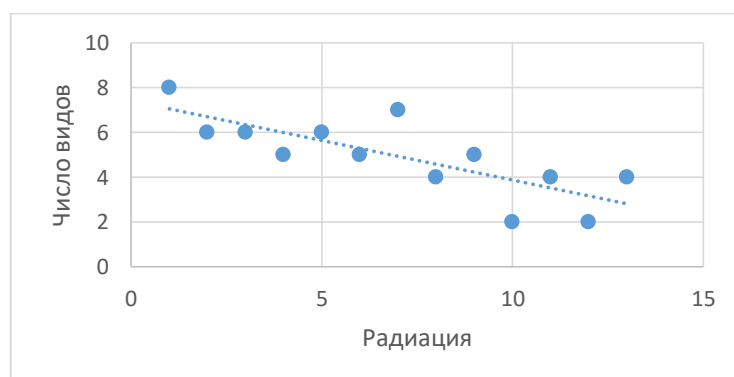


Рис. 12 График зависимости числа видов от радиации

Таким образом, можно сделать вывод, что радиоактивное загрязнение является существенным стрессовым фактором, ограничивающим видовое разнообразие коловраток и изменяющим структуру их сообщества.

4. Выводы

1. В период исследования температура почв в июле 2025 г. составляла в среднем 17°C, в октябре-ноябре - 12°C. Освещенность в дни исследований довольно низкая, преобладала в основном сухая почва. Кислотность почвы во всех локациях нейтральная. Радиация почвы варьировалась от 0.06(в лесах) до 21.0 мЗВ/ч (в городе).

2. Всего обнаружено 233 коловратки, относящихся к 12 видам, пяти родам и трем семействам. Подавляющее большинство видов принадлежит семейству *Philodinidae*. По количеству видов преобладали представители рода *Macrotrachela*, а по количеству особей лидирует вид *Mniobia tentans*.

3. На основе анализа экологических индексов (Шеннона, Маргалефа, доминирования Палия-Ковнацки) установлено: в местах с минимальным антропогенным воздействием наблюдается высокое видовое разнообразие и равномерное распределение особей, что свидетельствует о благополучном экологическом состоянии почв. На территориях с выраженным антропогенным влиянием (промышленные зоны, дороги, строения) отмечено снижение видового богатства, преобладание одного–двух устойчивых к стрессу видов, что указывает на деградацию почвенной экосистемы. Гипотеза подтвердилась.

4. Анализ влияния абиотических факторов на видовое разнообразие бделлоидных коловраток подтвердил их высокую чувствительность к изменению условий среды, особенно к радиоактивному загрязнению.

5. Заключение

Коловратки играют важную роль в формировании почвенных биоценозов и занимают своё место в пищевой цепи почвенной экосистемы, выступая как потребители и объекты охоты для мелких хищников (*Nematoda*). Несмотря на то, что их влияние на почву ранее считалось невеликим, коловратки составляют значительную долю почвенной микрофауны. Почвенная среда, подвергаясь значительному загрязнению, образует качественно и количественно изменчивую фауну коловраток. Исследование показало, что бделлоидные коловратки являются эффективным и надежным инструментом для диагностики состояния почв в урбоэкосистемах. Их использование позволяет выявлять начальные этапы деградации экосистем и своевременно принимать меры по восстановлению и охране окружающей среды. Следовательно, коловратки могут выступать в качестве экологического индикатора состояния окружающей среды.

Предложены рекомендации по использованию данных о сообществах бделлоидных коловраток в практике экологического мониторинга: включение коловраток в комплекс биоиндикаторов при оценке состояния почв в условиях урбанизации; применение экологических индексов для объективной оценки антропогенного воздействия.





Список литературных источников

1. Бакаева Е.Н., Макаров Э.В. Эколого-биологические основы жизнедеятельности коловраток в норме и в условиях антропогенной нагрузки. - Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ. - 206 с.
2. Барнс, Р. Беспозвоночные: новый обобщенный подход / Р. Барнс, П. Кейлоу, П. Олив, Д. Голдинг. – М.: Мир, 1992. – 583 с.
3. Биологические методы оценки качества объектов окружающей среды: учеб. пособие. В 2 ч. Ч. 1. Методы биоиндикации / С. М. Чеснокова; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Издательство Владим. гос. ун-та, 2007. – 84 с.
4. Казанцева Е.А. Мониторинг городских земель, как составная часть охраны земель в системе городского кадастра // Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева г. Кемерово. - 2015
5. Коновалов Алексей Глебович, Рисник Дмитрий Владимирович, Левич Александр Петрович, Фурсова Полина Викторовна Обзор подходов к оценке экологического состояния и нормированию качества почв // Биосфера. 2017. №3.
6. Кутикова, Л. А. Бделлоидные коловратки (Rotifera, Bdelloidea) как компонент почвенных и наземных биоценозов / Л. А. Кутикова // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. – 2003. – № 3. – С. 332-336. – EDN OOCGXZ.
7. Кутикова Л.А.. Бделлоидные коловратки фауны России. - М.: Товарищество научных изданий КМК, 2005. - 315 с.,
8. Никаноров А.М., чл.-кор. РАН, руководитель разработки; Е.Н. Бакаева, д-р. биол. наук; Н.А. Игнатова; Л.М. Ходурская. Оценка токсического загрязнения природных вод и донных отложений пресноводных экосистем методом биотестирования с использованием коловраток. - Москва: Росгидромет, 2006. - 62 с.
9. Почвенная зоология: учеб. пособие. – Томск: Томский государственный университет, 2013. – 196 с.
10. Структурно-функциональная роль почв и почвенной биоты в биосфере / Г.В. Добровольский, И.П. Бабьева, Л.Г. Богатырев и др. / Отв. ред. Г.В. Добровольский. - М.: Наука, 2003. - 364 с.
11. Уманский С. А., Белякова Н. В. Чистая вода. /Методическое пособие для учителей/. – Калининград: ЧП Мишуткина, 2002. – 96 с.
12. Фефилова Е. Бделлоидные коловратки в ксерофильных сообществах лесных биоценозов окрестностей г. Сыктывкара // 2018
13. Шамхалов О. М. Оценка экологического состояния почвенного покрова лесных биоценозов методом биоиндикации // Муниципальное казенное общеобразовательное учреждение «Новокулинская средняя общеобразовательная школа №1» Новолакского района Республики Дагестан. – 2021
14. Шитиков В.К., Розенберг Г.С., Зинченко Т.Д. Количественная гидроэкология: методы системной идентификации. – Тольятти: ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.

Приложение

Приложение 1

Описание исследуемой территории

№ точки отбора	Фотографии участков	Характеристика
Т1		<p>Биотоп расположен в лесной зоне Калининградской области, Неманского района (координаты: 55.024152, 22.115638). Рельеф: плоский. Почвы: дерново-подзолистые.</p> <p><u>Древесный ярус:</u> Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i>); Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i>); Липа (<i>Tilia</i>). <u>Ярус трав:</u> Сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i>). <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Плагиомниум близкий (<i>Plagiomnium affine</i>).</p>
Т2		<p>Биотоп расположен в лесной зоне Неманского района (координаты: 55.023757, 22.116006). Рельеф: плоский. Почвы: дерново-подзолистые.</p> <p><u>Древесный ярус:</u> Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i>); Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i>); Липа (<i>Tilia</i>). <u>Ярус трав:</u> Кислица обыкновенная (<i>Oxalis acetosella</i>); Сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i>); Яснотка (<i>Lamium</i>); Ветреница дубравная (<i>Anemone nemorosa</i>); Медуница неясная (<i>Pulmonaria obscura</i>). <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Плагиомниум волнистый (<i>Plagiomnium undulatum</i>).</p>
Т3		<p>Биотоп расположен в лесной зоне Неманского района (координаты: 55.023695, 22.116025). Рельеф: плоский. Почвы: дерново-подзолистые.</p> <p><u>Древесный ярус:</u> Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i>); Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i>); Липа (<i>Tilia</i>); Лещина обыкновенная (<i>Corylus avellana</i>). <u>Ярус трав:</u> Крапива двудомная (<i>Urtica dioica</i>); Герань Роберта (<i>Geranium robertianum</i>); Сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i>). <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Плагиомниум близкий (<i>Plagiomnium affine</i>).</p>
Т4		<p>Луговой биотоп. Неманский район (координаты: 55.025390, 22.122764). Рельеф: плоский. Почва: светлая, песчано-глинистая.</p> <p><u>Древесный ярус:</u> Ель обыкновенная (<i>Picea abies</i>); Берёза повислая (<i>Betula pendula</i>). <u>Ярус трав:</u> Короставник полевой (<i>Knautia arvensis</i>); Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i>); Лапчатка (<i>Potentilla</i>); Мятлик однолетний (<i>Poa annua</i>); Букашник горный (<i>Jasione montana</i>); Икотник серый (<i>Berteroa incana</i>); Полынь равнинная (<i>Artemisa campestris</i>); Дивала однолетняя (<i>Scleranthus annuus</i>); Синяк обыкновенный (<i>Echium vulgare</i>); Ястребинка волосистая (<i>Pilosella officinarum</i>); Щавель (<i>Rumex</i>). <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Кукушкин лен обыкновенный (<i>Polytrichum commune</i>).</p>











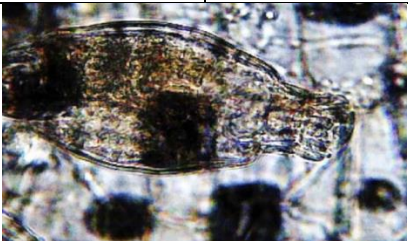
T5		<p>Луговой биотоп. Неманский район (координаты: 55.025855,22.122685). Рельеф: плоский. Почва: светлая, песчано-глинистая. <u>Древесный ярус:</u> Ель обыкновенная (<i>Picea abies</i>); Берёза повислая (<i>Betula pendula</i>); Ива (<i>Salix</i>); Осина дрожащая (<i>Populus tremula</i>). <u>Ярус трав:</u> Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i>); Лапчатка (<i>Potentilla</i>); Мятлик однолетний (<i>Poa annua</i>); Полынь обыкновенная (<i>Artemisa vulgaris</i>); Дивала однолетняя (<i>Scleranthus annuus</i>); Синяк обыкновенный (<i>Echium vulgare</i>); Ястребинка волосистая (<i>Pilosella officinarum</i>); Щавель (<i>Rumex</i>); Хвощ (<i>Equisetum</i>); Морковь дикая (<i>Daucus carota</i>); Клевер луговой (<i>Trifolium pratense</i>); Мыльнянка лекарственная (<i>Saponaria officinalis</i>); Якобея обыкновенная (<i>Jacobaea vulgaris</i>); Мятлик луговой (<i>Poa pratensis</i>); Пырей ползучий (<i>Elymus repens</i>). <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Брахитециум рутовый (<i>Brachitheceum lutabulum</i>).</p>
T6		<p>Лесная зона Зеленоградского р-на, п. Логвино (координаты: 54.753575,20.240698). Рельеф: преобладают равнинные и слабохолмистые участки. <u>Древесный ярус:</u> Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i>); Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i>); Береза бородавчатая (<i>Betula pendula</i>); Лещина обыкновенная (<i>Corylus avellana</i>); Боярышник однопестичный (<i>Crataegus monogyna</i>). <u>Ярус трав:</u> Малина обыкновенная (<i>Rubus idaeus</i>); Сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i>); Подмаренник цепкий (<i>Galium aparine</i>); Золотарник канадский (<i>Solidago canadensis</i>). <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Брахитециум рутовый (<i>Brachitheceum lutabulum</i>).</p>
T7		<p>Это смешанный лес. Расположен в лесной зоне Зеленоградского р-на, п. Логвино (координаты: 54.753698,20.240626). Рельеф: равнинный участок с мягким рельефом. <u>Древесны ярус:</u> Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i>); Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i>); Береза бородавчатая (<i>Betula pendula</i>); Боярышник однопестичный (<i>Crataegus monogyna</i>); Липа (<i>Tilia</i>). <u>Ярус трав:</u> Земляника (<i>Fragaria vesca</i>); Мятлик однолетний (<i>Poa annua</i>); Одуванчик (<i>Taraxacum</i>). <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Плагиомниум волнистый (<i>Plagiomnium undulatum</i>).</p>
T8		<p>Биотоп расположен на Московском проспекте, г. Калининград (54.707873, 20.560826). Рельеф: ландшафт равнинный. Почва: покрыта слоем опавших листьев. <u>Древесный ярус:</u> Осина дрожащая (<i>Populus tremula</i>); Золотарник канадский (<i>Solidago canadensis</i>) <u>Ярус трав:</u> Сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i>) <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Плагиомниум близкий (<i>Plagiomnium affine</i>); Брахитециум рутовый (<i>Brachitheceum lutabulum</i>).</p>

T9		<p>Биотоп расположен рядом с Московским проспектом, г. Калининград (54.707873, 20.560826). Рельеф: равнинный. Почва: на обочинах дороги и вдоль заборов состоит из грунта с камнями и небольшими кусками бетона. <u>Древесный ярус:</u> Вишня (<i>Prunus cerasus</i>). <u>Ярус трав:</u> Одуванчик (<i>Taraxacum</i>); Щавель (<i>Rumex</i>); Мать и мачеха (<i>Tussilago</i>); Мелколепестник однолетний (<i>Erigeron annuus</i>); Полынь (<i>Artemisa</i>); Крапива (<i>Urtica</i>). <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Брахитециум рутовый (<i>Brachitheceum lutabulum</i>).</p>
T10		<p>Биотоп расположен рядом с Московским проспектом, г. Калининград (54.704787, 20.585895). Рельеф: открытые пространства с разреженной растительностью, пустыри или заброшенные территории. Почва: сухая и песчаная. <u>Ярус трав:</u> Пижма обыкновенная (<i>Tanacetum vulgare</i>); Бодяк полевой (<i>Cirsium arvense</i>); Одуванчик (<i>Taraxacum</i>); Тысячелистник обыкновенный (<i>Achillea millefolium</i>); Мать и мачеха (<i>Tussilago</i>); Коровяк обыкновенный (<i>Verbascum thapsus</i>); Лапчатка (<i>Potentilla</i>); Ива (<i>Salix</i>); Синяк обыкновенный (<i>Echium vulgare</i>); Полынь (<i>Artemisa</i>). <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Брахитециум рутовый (<i>Brachitheceum lutabulum</i>).</p>
T11		<p>Биотоп расположен в районе Александра Космодемьянского, г. Калининград (54.723301, 20.363123). Рельеф: равнинный. Почва: темно-коричневого цвета, богата органическими веществами. <u>Древесный ярус:</u> Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i>); Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i>). <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Плагиомниум близкий (<i>Plagiomnium affine</i>).</p>
T12		<p>Биотоп расположен в районе Александра Космодемьянского, г. Калининград (54.733419, 20.355626). Рельеф: равнинный. Почва: дерново-подзолистая, имеет хорошо выраженный гумусовый горизонт и подзолистый слой. <u>Древесный ярус:</u> Бук европейский (<i>Fagus sylvatica</i>); Клен белый (<i>Acer pseudoplatanus</i>); Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i>). <u>Ярус трав:</u> Кислица обыкновенная (<i>Oxalis acetosella</i>). <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Кукушкин лен можжевельный (<i>Polytrichum juniperinum</i>).</p>
T13		<p>Биотоп расположен в районе Александра Космодемьянского, г. Калининград (54.715580, 20.408241). Рельеф: местности плоский и слабо выраженный. Почва: дерново-подзолистая. <u>Древесный ярус:</u> Береза (<i>Betula</i>); Ива (<i>Salix</i>). <u>Ярус трав:</u> Сныть обыкновенная (<i>Aegopodium podagraria</i>); Яснотка (<i>Lamium</i>); Хохлатка (<i>Corydalis</i>); Крапива (<i>Urtica</i>). <u>Ярус напочвенного покрова:</u> Плагиомниум близкий (<i>Plagiomnium affine</i>).</p>

Видовой состав коловраток

Название вида	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
<i>Macrotrachela aculeata</i> (Milne, 1886)	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Macrotrachela ehrenbergii</i> (Janson, 1893)	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
<i>Mniobia tentans</i> (Donner, 1949)	6	6	4	5	4	4	5	2	1	9	5	-	6
<i>Mniobia barbatula</i> (Donner, 1950)	5	2	-	2	1	3	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mniobia lamellata</i> (Donner, 1950)	1	1	2	-	6	2	4	-	5	-	-	-	-
<i>Macrotrachela habita</i> (Bryce, 1894)	1	4	5	1	2	3	-	-	4	-	5	-	-
<i>Macrotrachela concinna</i> (Bryce, 1912)	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
<i>Pleuretra lineata</i> (Donner, 1962)	1	-	1	5	3	-	4	-	-	-	10	4	4
<i>Macrotrachela versicularis</i> (Murray, 1906)	8	4	6	5	-	4	6	4	2	1	2	1	-
<i>Adineta barbata</i> (Janson, 1893)	-	2	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Adineta steineri</i> (Bartos, 1951)	-	-	-	-	-	-	2	3	2	-	-	-	-
<i>Scepanotrocha corniculata</i> (Bryce, 1910)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Не определено	2	-	6	-	-	-	2	2	5	-	2	-	3
Всего	26	19	25	18	19	16	25	12	19	10	24	5	15
Общее количество	233												

Многообразие обнаруженных видов коловраток
(Фотографии объектов исследования)

 <p>Mniobia lamellata</p>	 <p>Adineta barbata</p>
 <p>Macrotrachela ehrenbergii</p>	 <p>Macrotrachela habita</p>
 <p>Macrotrachela versicularis</p>	 <p>Mniobia tentans</p>
 <p>Pleuretra lineata</p>	 <p>Macrotrachela aculeata</p>
 <p>Macrotrachela concinna</p>	 <p>Adineta steineri</p>
 <p>Scepanotrocha corniculata</p>	